



Los lugares de
trabajo saludables
GESTIONAN LAS
SUSTANCIAS
PELIGROSAS



Agencia Europea para
la Seguridad y la Salud
en el Trabajo



Nanomateriales manufacturados en el lugar de trabajo

Puntos clave

- Los nanomateriales manufacturados son materiales en los que como mínimo el 50 % de las partículas tiene una dimensión entre 1 y 100 nanómetros (nm). Las nanopartículas más pequeñas son comparables en tamaño a los átomos y las moléculas.
- Los efectos de los nanomateriales en la salud dependen de sus propiedades, por ejemplo de qué material están compuestos, del tamaño, la forma y la solubilidad de las partículas, y de sus propiedades superficiales. En general, los nanomateriales tienen los mismos tipos de efectos en la salud que las partículas más gruesas del mismo material, pero también se pueden producir otros efectos. Las principales vías de exposición a los nanomateriales son la inhalación y el contacto con la piel.
- Se debe gestionar la exposición a los nanomateriales y mantenerla muy por debajo del umbral máximo admisible para el material a granel (compuesto por partículas más grandes, pero que puede contener también nanopartículas), aplicando el principio de precaución.
- En los procesos industriales, supone una ventaja que los nanomateriales se puedan manipular, por ejemplo, en forma de disolución líquida o de pasta, o mantener en espacios cerrados para reducir las emisiones y la exposición de los trabajadores a los nanomateriales. En situaciones más complejas, se recomienda solicitar la ayuda de un experto.
- La nanotecnología está evolucionando rápidamente, al igual que el conocimiento sobre los riesgos que conlleva. Por lo tanto, los trabajadores, los empresarios y los profesionales de la seguridad y la salud que manipulan nanopartículas en el lugar de trabajo tienen que mantenerse al día sobre los avances.

Lugares de trabajo saludables en alerta frente a sustancias peligrosas

La Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA) está celebrando una campaña a nivel europeo durante 2018 y 2019 para promover la prevención de los riesgos que comportan las sustancias peligrosas en los lugares de trabajo. El objetivo consiste en reducir la presencia de sustancias peligrosas y la exposición a estas en los lugares de trabajo concienciando sobre los riesgos y las formas eficaces de prevenirlos.

El problema

Debido a sus propiedades, los nanomateriales pueden tener una serie de efectos tóxicos. Se ha demostrado que algunos nanomateriales manufacturados, aunque no todos, entrañan mayores riesgos para la salud que el mismo material a granel. Por ejemplo, se ha demostrado que el dióxido de titanio ultrafino (que puede incluir nanopartículas) tiene mayores efectos que las partículas más gruesas de dióxido de titanio fino. A diferencia de otras partículas de carbono, los nanotubos de carbono de pared múltiple del tipo MWCNT-7 se han clasificado como posibles carcinógenos humanos. La clasificación varía entre diferentes tipos de nanotubos de carbono.

Directivas y Reglamentos de la Unión Europea relativos a la seguridad y la salud en el trabajo aplicables a los nanomateriales

Las Directivas y los Reglamentos concernientes a los productos químicos abarcan a los nanomateriales, por ejemplo:

Directiva 89/391/CEE (Directiva marco), de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores.

Directiva 98/24/CE (Directiva sobre agentes químicos), de 7 de abril de 1998, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

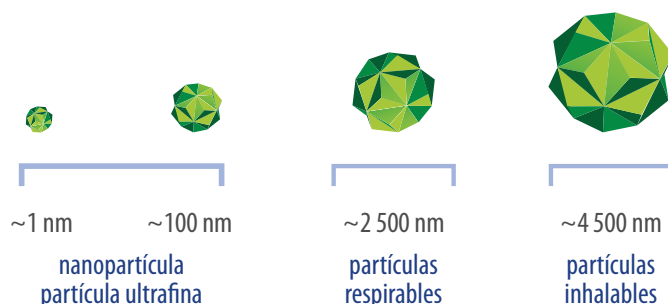
Directiva 2004/37/CE (Directiva sobre agentes carcinógenos y mutágenos), de 29 de abril de 2004, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo.

Reglamento (CE) n.º 1907/2006 (Reglamento «REACH»), de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas.

Reglamento (CE) n.º 1272/2008 (Reglamento «CLP»), de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.

La legislación nacional puede incluir disposiciones más estrictas que las Directivas y los Reglamentos, por lo que debe consultarse.

¿Qué son los nanomateriales manufacturados?



Los nanomateriales manufacturados son materiales en los que como mínimo el 50 % de las partículas tiene una dimensión entre 1 y 100 nanómetros (nm). Las nanopartículas más pequeñas son comparables en tamaño a los átomos y las moléculas.

Las partículas de este rango de tamaño pueden tener diferentes propiedades que las partículas más gruesas del mismo material. Estas propiedades se obtienen de su pequeño tamaño, pero también de su gran área superficial en términos comparativos, su forma, su solubilidad, su composición química y la funcionalización de su superficie y su tratamiento superficial. Gracias a estas propiedades, han atraído de forma gradual el interés de la ciencia y se utilizan en el desarrollo de nuevos productos y tecnologías.

Como ejemplos de nanomateriales cabe mencionar los siguientes:

- El dióxido de nano-titanio se utiliza como absorbedor de UV en, por ejemplo, cosméticos, pinturas y revestimientos de cristales de ventanas.
- El grafeno es una capa monoatómica de carbono delgada y extremadamente fuerte con alta conductividad y un gran potencial en varias áreas industriales, en particular en la electrónica.
- Los nanotubos de carbono tienen propiedades de interés en el sector de la electrónica. También se utilizan para reforzar varios tipos de materiales, por ejemplo en el sector de la construcción, y en las pantallas de ordenador con diodos orgánicos de emisión de luz (OLED).
- La nanoplata se emplea, por ejemplo, en medicina, cosmética y alimentación y como antiséptico en una amplia variedad de aplicaciones como pinturas y revestimientos, ropa, zapatos y productos del hogar.
- Los puntos cuánticos son semiconductores de especial interés en relación con varias aplicaciones, por ejemplo, imágenes médicas, diagnóstico y productos electrónicos.

En el campo de la medicina, los nanomateriales han suscitado interés debido, por ejemplo, a su potencial como sistema de liberación de fármacos en los órganos diana y para crear imágenes (p. ej., nanopartículas magnéticas de óxido de hierro). Para desarrollar nanomateriales con nuevas propiedades se aplican varios tipos de revestimientos sobre la superficie de las nanopartículas.

Medidas que debe adoptar la legislación en materia de seguridad y salud en el trabajo

Los requisitos para gestionar nanomateriales en el lugar de trabajo son los mismos que para gestionar otros productos químicos peligrosos, entre ellos proporcionar a los trabajadores información y formación, realizar evaluaciones de los riesgos y adoptar medidas para garantizar la seguridad en el lugar de trabajo. Sin embargo, los requisitos previos para satisfacer estas demandas son diferentes con respecto a las nanopartículas que a la mayoría de los demás productos químicos. Todavía no se dispone de suficientes conocimientos sobre los riesgos asociados a los nanomateriales, y no se han establecido (aún) límites a la exposición profesional, aunque se han sugerido valores de referencia. Por lo tanto, hay que aplicar el principio de precaución para mantener la exposición en un nivel en el que se pueda controlar el riesgo, aunque se demuestre que el nanomaterial es más peligroso de lo que actualmente se cree.

Esta hoja informativa ofrece asesoramiento general y práctico sobre cómo aplicar el principio de precaución en la gestión de nanomateriales. Para más información, véase el artículo de OSHwiki «Nanomaterials».

<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

Riesgos para la salud relacionados con los nanomateriales

Los riesgos para la salud varían dependiendo de la composición del nanomaterial. En general, los nanomateriales tienen los mismos tipos de efectos en la salud que las partículas más gruesas del mismo material, pero también se pueden producir otros efectos. Los nanomateriales que se introducen en el cuerpo pueden (al igual que otras sustancias) absorberse, distribuirse y metabolizarse. Por ejemplo, se han encontrado nanomateriales en pulmones, hígado, riñones, corazón, aparato reproductor, cerebro, bazo, esqueleto, tejidos blandos y fetos.

Todavía no se comprenden completamente los mecanismos que subyacen en los riesgos para la salud, pero se han identificado algunos.

- Algunos nanomateriales pueden producir diferentes daños pulmonares, como respuestas inflamatorias agudas o crónicas, cuyo riesgo parece aumentar a medida que disminuye el tamaño de las partículas, y daños en los tejidos, estrés oxidativo, toxicidad crónica, citotoxicidad, fibrosis y generación de tumores. En algunos casos pueden afectar incluso al sistema cardiovascular.
- Debido a su pequeño tamaño, los nanomateriales pueden introducirse en el cuerpo a través de vías por las que no pueden entrar partículas más gruesas. Por ejemplo, se ha demostrado que los metales y los óxidos metálicos se introducen en el bulbo olfatorio a través del nervio olfatorio, y que los nanotubos de carbono pasan a través de la placenta y se introducen en el feto.
- Las nanofibras insolubles, finas, largas y fibrosas, como los nanotubos de carbono, pueden causar, entre otros daños pulmonares, inflamación, formación de granulomas y fibrosis. Estos tipos de efectos no se observaron en los ratones expuestos a negro de carbono (el mismo material pero en forma de nanopartículas en lugar de nanofibras). Como consecuencia, se ha llegado a la conclusión de que al menos algunos tipos de nanotubos de carbono pueden tener efectos en la salud similares a los que produce el amianto. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado los nanotubos de carbono del tipo MWCNT-7 como posibles carcinógenos humanos (Grupo 2B). Sin embargo, también se ha demostrado que no todos los nanotubos de carbono provocan los mismos efectos en la salud. Debido a sus propiedades superficiales, algunos nanotubos de carbono no causan la formación de granulomas o fibrosis y también se ha demostrado que, en determinadas condiciones, se pueden metabolizar y excretar.

//
Los nanomateriales manufacturados entrañan mayores riesgos para la salud que el mismo material a granel



Exposición y vías de exposición

Asimismo, los peligros para la seguridad pueden derivarse de la elevada explosividad, inflamabilidad y potencial catalítico de algunos nanomateriales en forma de polvo. En particular, los nanopolvos metálicos, como los micropolvos, suelen explotar más violentamente y su sensibilidad a la ignición tiende a aumentar a medida que sus partículas son más finas. La temperatura de autoignición también disminuye cuando las partículas son más finas.

Los nanomateriales tienden a formar aglomerados (a partir de grupos débilmente unidos), que aumentan su tamaño, pero la aglomeración no afecta en gran medida a su área superficial total. Se supone que el área superficial tiene efectos en la salud, al menos en lo que respecta a algunos tipos de nanopartículas. No está claro si la aglomeración afecta a los peligros para la salud causados por los nanomateriales ni de qué forma.

Aunque se han revelado algunos mecanismos, todavía es absolutamente necesario comprender mejor cuándo y por qué afectan los nanomateriales a la salud. Mientras tanto, tenemos que estudiar las pruebas que demuestran que al menos algunos nanomateriales son más tóxicos que las partículas más gruesas del mismo material y tomar precauciones.

Existen varios estudios sobre cómo los nanomateriales pueden provocar efectos en la salud, pero se han realizado principalmente en cultivos celulares y animales de laboratorio. Se dispone de pocas pruebas sobre los efectos en la salud de los seres humanos tras la exposición a nanomateriales manufacturados. Sin embargo, está ampliamente demostrado que la exposición a contaminantes atmosféricos que contienen nanopartículas formadas de forma natural —por ejemplo, humos de soldadura, gases de escape de los motores diésel y otros tipos de humos— puede ser peligrosa de diferentes maneras. No obstante, se tiene un conocimiento insuficiente sobre si los efectos en la salud están provocados por las nanopartículas o por otros contaminantes atmosféricos que coexisten con ellas.

Los riesgos para la salud pueden provocar afecciones o enfermedades que se producen únicamente tras la exposición a nanomateriales. Las principales vías de exposición a los nanomateriales son la inhalación y el contacto con la piel, pero también se puede producir a través de la ingestión.

La exposición a nanomateriales manufacturados puede tener lugar durante cualquier etapa de su ciclo de vida, incluso durante su producción o la de productos basados en la nanotecnología, y durante el uso (vida útil) de estos últimos productos o durante su eliminación, procesamiento o reciclaje tras el fin de su vida útil.

Inhalación

Si se manipula manualmente un nanomaterial en forma de polvo seco al aire libre —por ejemplo, se vierte desde un saco, se carga o descarga de un contenedor o se derrama de forma accidental—, existe un alto riesgo de exposición. Aunque los nanomateriales se manipulen en sistemas completamente cerrados, puede existir exposición como consecuencia de fugas o accidentes. Asimismo, se puede producir exposición cuando se manipulan residuos que contienen nanomateriales.

Muchos nanomateriales se manipulan en forma de disolución líquida, de pasta o de gránulos, o como parte de un material sólido. La exposición a través de la inhalación es limitada, pero se puede producir si, por ejemplo, la disolución líquida se manipula de tal manera que se forma un aerosol y por ejemplo se pulveriza o rocía, o si los gránulos se manipulan de tal manera que se rompen en partículas más pequeñas y emiten nanopartículas. La exposición también se puede producir si la disolución líquida o pasta se seca, y como consecuencia se crea un nanomaterial en forma de polvo seco, que puede arremolinarse y emitirse al aire circundante. Aunque el nanomaterial se manipule como una disolución líquida, la exposición puede tener lugar, por ejemplo, durante la limpieza y el mantenimiento.

*Se debe gestionar
la exposición a los
nanomateriales*

Contacto con la piel

La exposición a los nanomateriales puede producirse a través del contacto con la piel. En el caso de algunos nanomateriales esta es la vía común, ya que se encuentran entre los ingredientes de productos cosméticos que se aplican sobre la piel. Actualmente, se considera que hay menos probabilidades de que los nanomateriales se absorban a través de la piel que por vía inhalatoria. Sin embargo, si la piel tiene heridas o eczemas puede dejar pasar cantidades muy pequeñas de nanomaterial. En la actualidad se considera que la penetración dérmica constituye un riesgo muy bajo o insignificante, pero como precaución debe evitarse la exposición a través de la piel, con lo cual además se evitará la exposición o ingestión accidental de sustancias que se puedan absorber a través de la piel aunque todavía no se haya reconocido.

Ingestión

Es poco probable que se produzca ingestión en los lugares de trabajo, pero la falta de higiene puede provocar exposición, por ejemplo si los trabajadores no se lavan las manos o no se cambian de ropa después de trabajar con nanomateriales y cogen alimentos o bebidas con las manos contaminadas o esparcen nanopulvos en un entorno en el que se consumen alimentos y bebidas. La exposición también puede ser accidental, por ejemplo por contacto mano-boca.

Fuera del ámbito laboral, se pueden ingerir nanomateriales con los alimentos, ya que pueden encontrarse en los envases de forma deliberada. Al igual que sucede con los nanomateriales en general, los efectos en la salud dependen de su composición. Según un estudio reciente, la ingestión de nanopartículas de plata no provocó efectos observables clínicamente en sesenta personas que se sometieron a un experimento.

Evaluación de riesgos

En principio, se puede considerar que todas las actividades relacionadas con la manipulación de nanomateriales en forma de polvo seco fuera de instalaciones completamente cerradas implican un riesgo de exposición para los trabajadores. No obstante, puede producirse exposición incluso cuando se utilizan instalaciones completamente cerradas, por ejemplo en el caso de fugas o durante actividades de limpieza y mantenimiento. Estas exposiciones han de tenerse en consideración para evaluar los riesgos y aplicar medidas de prevención. Dado que los nanomateriales están compuestos por partículas extremadamente pequeñas, no es posible ver los nanopulvos de la misma forma que otros tipos de polvo, y esto ha de tenerse en cuenta para evaluar los riesgos.

Los riesgos varían dependiendo del tipo de nanomaterial. Se considera que la exposición a nanofibras insolubles o poco solubles, con una longitud mayor de 5 micras (μm) y con una proporción entre su ancho y altura (relación de aspecto) mayor de 3:1, plantea los mayores riesgos. Los riesgos también son elevados en relación con otras nanofibras y nanoplaquetas poco solubles o insolubles (p. ej., en hojas nanofinas como el grafeno). Se considera que la exposición a nanomateriales solubles en agua es menos peligrosa.

Normalmente los riesgos se evalúan midiendo la exposición. Dichas mediciones son posibles, aunque no sean sencillas ni fáciles, y requieren el uso de equipos de lectura directa sofisticados. Las mediciones de nanopartículas que se propagan por el aire se realizan principalmente como parte de una

investigación. Se ha desarrollado una estrategia que combina mediciones de diferentes fracciones de partículas realizadas con varios tipos de equipos de lectura directa, con mediciones realizadas usando técnicas de filtración y análisis llevados a cabo mediante microscopía electrónica de barrido («SEM», por sus siglas en inglés). No obstante, al analizar los filtros, existe el riesgo de que en sus poros queden capturadas muchas partículas y que no sean visibles mediante la SEM. Además, los equipos de lectura directa tienen limitaciones, ya que, por ejemplo, analizan partículas de diferentes tamaños, pero no de qué materiales están compuestas. Asimismo, no existe consenso sobre qué variable es la más importante con respecto a los efectos de los nanomateriales en la salud. No se dispone de una norma sobre qué parámetro —por ejemplo, concentración en masa y en número o superficie del nanomaterial que se propaga por el aire— se ha de utilizar para medir y evaluar los efectos en la salud. El parámetro más importante podría depender del tipo de nanomaterial y el efecto en la salud.

Los equipos de lectura directa miden la presencia de partículas, independientemente del material que se encuentre en ellas. Estos equipos son sensibles a las interferencias causadas por otras nanopartículas distintas a las nanopartículas manufacturadas que suscitan interés. Por ejemplo, las mediciones pueden verse afectadas por la presencia de nanopartículas en gases de diferentes tipos de combustión, como el humo de soldadura, de un cigarro y de termosellado. Las velas encendidas, los cítricos cuando se pelan y la condensación de vapor de agua pueden emitir nanopartículas.

En resumen, a la hora de llevar a cabo una evaluación de los riesgos derivados de la presencia de nanomateriales en el lugar de trabajo, se pueden encontrar dificultades en relación con:

1. información insuficiente sobre las propiedades peligrosas de los nanomateriales;
2. limitaciones en cuanto a los métodos y equipos que pueden utilizarse para medir los niveles de exposición y para identificar nanomateriales y fuentes de emisión.



Puede haber además una falta de información sobre la presencia de nanomateriales, en particular en mezclas o artículos, así como en eslabones posteriores de la cadena más próximos al usuario, en los que se usan o se procesan nanomateriales o productos que los contienen.

La evaluación de los riesgos relacionados con los nanomateriales manufacturados debe incluir los siguientes aspectos:

1. un inventario de los nanomateriales almacenados o utilizados en el lugar de trabajo;
2. información sobre los riesgos para la salud relacionados con los nanomateriales, normalmente proporcionada en fichas de datos de seguridad;
3. evaluación de la exposición a través de la inhalación, el contacto con la piel y la ingestión;
4. decisiones sobre las medidas necesarias para reducir la exposición y un plan de acción en el que se especifique qué se va a hacer, por quién y cuándo;
5. consideración de los riesgos para los trabajadores vulnerables, como jóvenes, embarazadas y mujeres lactantes, y si es necesario adoptar medidas especiales para protegerles;
6. revisión periódica de la evaluación de los riesgos;
7. evaluación de las medidas adoptadas y, en caso necesario, mejoras en el plan de acción.

Las evaluaciones de los riesgos tienen que basarse en el principio de precaución, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ¿Se considera que este tipo de nanomaterial constituye un riesgo elevado?
- ¿Existe la probabilidad de que se produzca un alto nivel de exposición al nanomaterial en el lugar de trabajo o accidentalmente?

Los nanomateriales de riesgo elevado y los niveles altos de exposición constituyen un riesgo muy elevado y exigen adoptar medidas de aplicación inmediata para reducir la exposición. En el caso de los nanomateriales de riesgo bajo o los niveles bajos de exposición, se requiere una actuación menos inmediata o incluso no es necesario adoptar ningún tipo de medida.

Se dispone de varios tipos de instrumentos y apoyo para realizar evaluaciones de los riesgos relacionados con los nanomateriales.

Se ofrece un resumen en las **Orientaciones de la Comisión Europea** sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los posibles riesgos relacionados con los nanomateriales en el trabajo (*Guidance on the protection of the health and safety of workers from the potential risks related to nanomaterials at work*).

Se puede encontrar más información en los sitios web de la **Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas**, de la **Organización Mundial de la Salud** y de la **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos**.

Adopción de medidas y gestión de los riesgos

Los empresarios están obligados a proporcionar a sus trabajadores un entorno de trabajo seguro y saludable, y a protegerlos contra los riesgos derivados de los nanomateriales.

La legislación europea en materia de seguridad y salud en el trabajo prescribe una «jerarquía» de medidas para prevenir o reducir la exposición de los trabajadores a sustancias peligrosas (artículo 6 de la Directiva de agentes químicos). Este «orden de prioridad», tal y como se denomina en la Directiva, también se conoce como el principio STOP:

S = Sustitución (también incluye la eliminación completa de la sustancia peligrosa)

T = medidas Técnicas

O = medidas Organizativas

P = medidas de protección Personal.

S = Sustitución



Normalmente, los nanomateriales se utilizan por sus propiedades técnicas únicas y, por lo tanto, puede que resulte difícil su sustitución. No obstante, aunque no se pueda eliminar el uso de un nanomaterial, cabe la posibilidad de manipularlo de manera que se minimice la exposición, por ejemplo en forma de disolución líquida o pasta o ligado a un sólido. Gracias a ello, se reduce considerablemente la exposición, en particular a través de la inhalación. Sin embargo, debe evitarse la pulverización de nanomateriales en medios líquidos, ya que se podrían inhalar en el aerosol.

//
Las principales vías de exposición a los nanomateriales son la inhalación y el contacto con la piel

T = medidas Técnicas



En principio, los nanomateriales que se propagan por el aire son comparables a los aerosoles y, por tanto, se pueden controlar utilizando medidas similares. Sin embargo, debido a que la masa de las nanopartículas es diminuta, su energía cinética es muy baja, de modo que se puede considerar que se comportan como un gas y no como un polvo. La selección de la tecnología depende del grado de exposición, lo que a su vez depende de la tendencia del nanomaterial a dispersarse en forma de polvo y su nivel de emisión. Puede que resulte necesario utilizar una combinación de métodos para gestionar la exposición y el riesgo. La encapsulación y la ventilación del proceso es una forma efectiva de reducir la exposición. No obstante, hay que gestionar los riesgos de fugas y también tener en cuenta y gestionar los riesgos relacionados con el mantenimiento, la reparación y la limpieza.

Generalmente, debido a la necesidad de evitar la contaminación de los procesos en los que se manipulan nanomateriales, se seleccionan sistemas completamente cerrados. Estos sistemas son prácticos y constituyen una buena medida técnica, ya que también evitan la emisión de nanomateriales al ambiente circundante y a los trabajadores. Los recintos cerrados son especialmente recomendables para llevar a cabo actividades como la medición de nanomateriales manufacturados, su vertido (y mezcla) en el equipo utilizado para producirlos o procesarlos o su recogida del equipo, la limpieza de contenedores y el tratamiento de residuos, a menos que no exista potencial de exposición.

Debe considerarse la posibilidad de realizar controles técnicos (p. ej., contención, ventilación local por aspiración y ventilación general) en caso de que no se puedan aplicar medidas tales como la sustitución o la utilización de recintos cerrados. Las medidas de control técnico dependerán de los requisitos de cada lugar de trabajo, y deberán tener en cuenta la fuente de emisión, el riesgo y la necesidad de reducir las emisiones y la exposición, así como la cantidad de nanomaterial y su forma física, y la duración y la frecuencia de la tarea.

La ventilación local y general ayudan a prevenir la dispersión de nanomateriales que se propagan por el aire en la zona de trabajo y espacios adyacentes. Para eliminar las nanopartículas del aire de escape, se ha de utilizar un sistema de filtración adecuado, como, por ejemplo, un sistema multietapa que utilice filtros de alta eficiencia para partículas en suspensión (HEPA) o filtros de aire de penetración ultrabaja (ULPA).

La optimización del diseño de procesos y de las prácticas operativas de tal forma que se minimicen los subproductos peligrosos y la generación de residuos reducirá la exposición en el lugar de trabajo.

Se puede reducir el riesgo de explosiones que entrañan las nanopartículas utilizando cuatro «barreras de seguridad específicas»:

- barrera de prevención: reducción de la probabilidad de que se produzca un accidente reforzando los procedimientos de mantenimiento que previenen las emisiones fugitivas, la generación accidental de una atmósfera explosiva, la concentración de electricidad estática y las fuentes de ignición accidental;
- barrera de mitigación: reducción de los factores de riesgo relacionados con los procesos bajando la temperatura y la presión;
- barrera de mitigación: reducción de los parámetros de la severidad de la explosión de los nanopolvos mediante la sustitución o la dilución;
- barrera de protección: aumento del grado de protección de los trabajadores en riesgo.



O = medidas Organizativas



Las medidas organizativas incluyen, por ejemplo, informar a los trabajadores sobre los riesgos, las medidas preventivas que se han de aplicar y las normas que se han de cumplir. También se debe informar a los trabajadores sobre los peligros de los nanomateriales y sobre la importancia del principio de precaución dado que todavía no se dispone de suficientes conocimientos acerca de los peligros de los nanomateriales para la salud y la seguridad. La documentación de procedimientos seguros y de instrucciones de trabajo sobre procesos relacionados con los nanomateriales y su puesta a disposición en el lugar de trabajo servirán de base para aplicar unas prácticas laborales adecuadas, así como de referencia para la mejora continua.

Asimismo, las medidas organizativas podrían incluir minimizar el número de trabajadores en el lugar de trabajo expuestos a nanomateriales y reducir las horas de trabajo de exposición potencial. Se debe restringir el acceso a zonas donde se pueda producir la exposición. Dichas zonas han de estar claramente señalizadas mediante carteles apropiados de seguridad y de peligro.



Más información

Se pueden encontrar todas las referencias e información más detallada en el artículo de *OSHWiki* sobre los nanomateriales:

<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

#EUhealthyworkplaces

P = medidas de protección Personal



Como último recurso, si no se pueden aplicar las medidas descritas anteriormente, o resultan insuficientes, se deben utilizar equipos de protección individual. En muchos sectores, se utiliza ropa de trabajo además de guantes y gafas de seguridad, en caso necesario.

En las fichas de datos de seguridad relativas a los productos químicos que contienen nanomateriales, se debe proporcionar información sobre el equipo de protección individual recomendado. Siempre que se seleccione el equipo adecuado, este puede ofrecer una buena protección contra los nanomateriales.

